

A ascensão das mini-mills no cenário siderúrgico mundial

Maria Lúcia Amarante de Andrade
Luiz Maurício da Silva Cunha
Guilherme Tavares Gandra

A ASCENSÃO DAS *MINI-MILLS* NO CENÁRIO SIDERÚRGICO MUNDIAL

**Maria Lúcia Amarante de Andrade
Luiz Maurício da Silva Cunha
Guilherme Tavares Gandra***

** Respectivamente, gerente, economista e engenheiro da Gerência Setorial de Mineração e Metalurgia do BNDES.
Os autores agradecem a colaboração do estagiário Caio Cesar Ribeiro.*

MINI-MILLS

Resumo

As mini-mills emergem no atual cenário siderúrgico mundial, marcado pela alta competição, como um novo modelo de empresa que vem reforçando profundas mudanças na indústria do aço. Com significativos diferenciais competitivos, essas empresas vêm conquistando um espaço cada vez maior na produção siderúrgica e agora preparam uma invasão ao mercado de produtos planos, antes exclusivo das tradicionais produtoras integradas.

Incorporando informações obtidas após a participação desta Gerência na “13th International Mini-mill Conference”, realizada em abril passado em Zurique (Suíça), o presente estudo busca clarificar o entendimento acerca dessas inovadoras unidades e de suas vantagens competitivas, bem como de seu vigoroso crescimento em determinadas regiões como América do Norte, Europa e Ásia.

Desse modo, aborda-se inicialmente a origem da rota tecnológica das mini-mills. A seguir, relacionam-se suas principais características diferenciadoras, destacando o impacto das mesmas sobre a indústria. Tomando o forno elétrico como principal indicador do desenvolvimento das mini-mills, analisa-se o crescimento dessa tecnologia na produção siderúrgica mundial ao longo das últimas décadas, principalmente no período 1989/99. Comentam-se, em seguida, aspectos relacionados ao segmento, como, por exemplo: a evolução de seus principais grupos, as recentes inovações tecnológicas e a disponibilidade de seus principais insumos.

Conclui-se com uma análise das perspectivas para a siderurgia mundial e do futuro das mini-mills, bem como das possíveis influências sobre a siderurgia brasileira.

Introdução

A indústria siderúrgica mundial se encontra em uma ativa fase de transformação. Desde o início da década de 90, ela se caracteriza essencialmente pela superoferta, maturidade de mercado, intensa competição global e contínua pressão para redução de custos. Esses fatores compõem o atual estágio de reestruturação da siderurgia, fortemente ilustrado pela intensificação de tendências como internacionalização, concentração de mercados e especialização.

Grande parte dessas importantes mudanças foi reforçada, ou mesmo gerada, pela materialização de um novo modelo de operação e organização de empresa siderúrgica, denominado *mini-mill*. O surgimento e a rápida ascensão das *mini-mills* prepararam as bases para uma verdadeira revolução no ambiente siderúrgico. Seu crescimento tem afetado mais do que apenas os produtos e a tecnologia. Na verdade, tem alterado também a realidade da indústria siderúrgica, tornando-a menos intensiva em capital e mão-de-obra, diminuindo as barreiras de entrada ao negócio e viabilizando às empresas a atuação global e o atendimento flexível a nichos específicos de mercado.

As *mini-mills* são comumente identificadas como usinas siderúrgicas que operam aciarias elétricas e têm a sucata como principal matéria-prima, caracterizando uma rota tecnológica semi-integrada. Possuem usinas que operam escalas reduzidas se comparadas às tradicionais usinas integradas. Entretanto, o termo *mini-mill*, que ainda suscita algumas confusões de interpretação, não se refere ao seu tamanho ou escala de produção.

A denominação *mini-mill* deve-se à rota tecnológica – uma combinação de aciaria a forno elétrico a arco e processos compactos como o lingotamento contínuo –, aliada à utilização de modernas práticas gerenciais. As *mini-mills* diferenciam-se das usinas integradas não só pelas fases iniciais de elaboração do aço, mas principalmente pela mínima escala eficiente de produção, pelo baixo capital investido, pela maior adaptabilidade ao mercado e pelo estilo gerencial próprio.

Como será abordado a seguir, a base do crescimento conseguido pelas *mini-mills* reside na conjugação de elementos envolvendo inovações tecnológicas, necessidades de mercado, melhoria de qualidade, custo e questões logísticas e ambientais.

Com o advento da tecnologia de lingotamento de placas finas – *thin slab casting* (TSC) – e a consolidação de alguns processos de redução direta, as *mini-mills* iniciam agora um movimento de invasão do mercado de aços planos, tradicionalmente atendido pelos produtores integrados, acirrando ainda mais a concorrência no ambiente siderúrgico.

Com base na análise de diversas fontes e principalmente nas informações obtidas após a participação desta Gerência na “13th International Mini-mill Conference”, realizada em Zurique (Suíça) em abril de 2000, descreve-se a seguir a evolução deste segmento, bem como suas novas tendências.

Origem do Forno Elétrico e das *Mini-Mills*

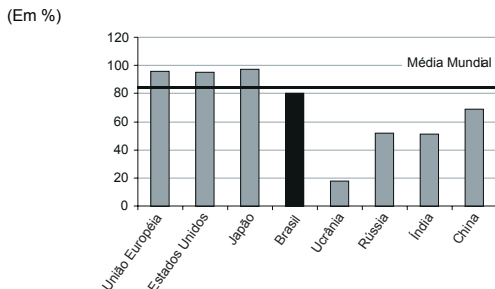
Inventado na França em 1899, o forno elétrico – base da rota semi-integrada e das *mini-mills* – já é uma tecnologia bem antiga. Logo em 1909, foi instalado, pela US Steel, o primeiro forno elétrico de uso comercial nos Estados Unidos, mas a oferta de energia impediu o sucesso da alternativa. Por volta da década de 30, voltou a ser utilizado na produção do aço pela empresa norte-americana Northwestern Steel and Wire Company, desta vez de forma mais perene. Entretanto, a oferta de sucata constituía um complicador que limitava a expansão da tecnologia. Apenas nos anos 60 a tecnologia do forno elétrico teve uma difusão significativa, fazendo emergir a nova rota tecnológica semi-integrada. Os Estados Unidos foram o berço desse movimento.

O nascimento efetivo das *mini-mills* está associado ao aproveitamento de uma inovação tecnológica que permitiu significativos ganhos de eficiência e custo na produção de aço: o lingotamento contínuo. Este, em substituição ao lingotamento convencional, possibilitou uma operação muito mais simples, eliminando equipamentos e atividades como lingoteiras, fornos-poço e laminação de desbaste primária, além de requerer menos energia e mão-de-obra na produção.

A combinação aciaria elétrica + lingotamento contínuo criou as condições físicas para a obtenção de vantagens competitivas a partir de um processo siderúrgico mais compacto. No entanto, foram as inovações gerenciais, principalmente as proporcionadas pela Nucor, que consolidaram essas vantagens, potencializando os ganhos de eficiência e complementando o perfil das *mini-mills*.

Mais tarde, o lingotamento contínuo foi também adotado pelas usinas integradas, sendo definitivamente absorvido pela indústria siderúrgica e tornando-se inclusive um indicador de modernização tecnológica.

Gráfico 1
Participação do Lingotamento Contínuo na Produção de Aço Bruto: Países Selecionados – 1998
 (Em %)



Fontes: BNDES e IISI (1999).

Desde a sua origem, as *mini-mills* apresentam uma configuração básica caracterizadora, composta por aciaria com fornos a arco elétrico (EAF) e lingotamento contínuo. Como insumo principal utilizam fundamentalmente a sucata, que eventualmente pode ser substituída em parte por ferro-gusa ou ferro-esponja, na forma de *direct reduced iron* (DRI) ou *hot briquetted iron* (HBI). Possuem um fluxo de produção mais curto que as tradicionais usinas integradas, pois não realizam atividades de preparo do coque, sinterização e redução do minério, representando, desse modo, uma rota tecnológica semi-integrada. Sua escala de produção é inferior, o que determina o direcionamento ao atendimento de mercados locais. Pelo baixo grau de pureza de seu insumo básico (sucata), tais empresas inicialmente atingiam um mercado restrito, oferecendo um *mix* limitado de produtos longos menos elaborados. Finalmente, outro importante elemento identificador era a modificação do senso gerencial, com a introdução de maior cultura de eficiência operacional.

A seguir, são destacadas algumas características que foram fundamentais à rápida ascensão das *mini-mills* até o momento e que constituem diferenciais competitivos em relação às tradicionais usinas integradas.

Segundo dados da Midrex (1999), divulgados pelo Western Australia Department of Resources Development, uma nova usina integrada a alto-forno – *blast furnace/blown oxygen furnace* (BF/BOF) – produzindo 4 milhões de t/a de planos custaria em torno de US\$ 1.000/t de capacidade instalada. Por outro lado, uma nova *mini-mill* para produção de planos (com TSC), tipicamente de 1

Principais Características e Vantagens Competitivas das *Mini-Mills*

Menor Custo de Capital

milhão de t/a, exigiria uma intensidade de capital de aproximadamente US\$ 300/t. Há, contudo, especialistas que indicam uma disparidade ainda maior, afirmando que uma usina baseada em forno elétrico pode ser construída por 10% do custo de capital em comparação com uma unidade do mesmo tamanho que use BOF. Essa significativa redução deve-se basicamente à não-existência de coqueria, de unidade de processamento do minério e de alto-forno, que são extremamente intensivos em capital.

Além de ser uma importante vantagem competitiva sobre as convencionais usinas integradas, a redução do custo de capital pelas *mini-mills* proporcionou outros três relevantes efeitos à siderurgia:

- enfraqueceu um paradigma da indústria, historicamente conhecida como intensiva em capital;
- diminuiu as barreiras de entrada ao negócio siderúrgico; e
- fortaleceu e viabilizou a intensificação da internacionalização dos grupos siderúrgicos, que buscam atuação global.

Menor Impacto Ambiental

O *upstream* das tradicionais usinas integradas não só é a fase mais intensiva em capital, como também a mais poluidora do processo de elaboração do aço, devido à movimentação de minério de ferro, carvão e calcário e à própria produção do coque. Além de serem menos agressivas ao meio ambiente, as usinas semi-integradas operam com a reciclagem da sucata, o que possui um forte apelo ecológico.

Ao longo das últimas décadas, é crescente a pressão das sociedades e governos, principalmente nos países desenvolvidos, quanto à conscientização das questões que envolvem a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida. Desse modo, a questão ambiental também foi um dos catalisadores desse crescimento da rota do forno elétrico. Esse aspecto influencia ainda a matriz de custos, desfavorecendo mais uma vez as usinas integradas, que realizam pesados investimentos em equipamentos e sistemas de controle ambiental.

Maior Produtividade de Mão-de-Obra

A Tabela 1 mostra a vantagem de eficiência conseguida pelas *mini-mills* no aproveitamento de sua força de trabalho, comparando 10 usinas siderúrgicas norte-americanas (seis *mini-mills* e quatro integradas) em termos de capacidade de produção e número de empregados.

Tabela 1

Capacidade e Emprego de Mão-de-Obra: Usinas Selecionadas (Estados Unidos) – 1998

	COMPANHIA/UNIDADE	CAPACIDADE (Mil t)	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS	t INSTALADA/ EMPREGADO
<i>Mini-Mills</i>	Trico	2.200	285	7.720
	Ipsco	1.250	224	5.580
	North Star BHP	1.700	350	4.860
	Nucor Berkeley	1.800	400	4.500
	Nucor	1.800	490	3.670
	Crawfordsville Steel Dynamics	1.800	591	3.046
Integradas	Geneva	2.550	2.700	940
	Gulf States	1.300	1.800	720
	Weirton	3.100	4.800	650
	Wheeling-Pittsburgh	2.400	4.000	600

Fonte: Metal Bulletin.

A grande diferença observada na tabela deve-se à constante adoção, por parte das *mini-mills*, de processos mais compactos e inovações tecnológicas, menos intensivos em mão-de-obra, e de flexíveis regras de trabalho. A menor folha de pagamento permite às *mini-mills* implementar maiores somas para programas de bônus de *performance*, estimulando ainda mais os empregados. A produtividade de mão-de-obra garante poderosas vantagens em custo em relação aos competidores integrados.

De acordo com a Paine Webber, a Nucor contava em 1998 com uma vantagem em custo variando de US\$ 35/t a US\$ 80/t sobre as integradas na produção de laminados a quente, como se pode observar na Tabela 2.

Reduzido Custo Operacional

Na composição do custo, em especial sobre o balanço energético, as *mini-mills* levam nítida vantagem. O alto-forno e a

Tabela 2

Comparação dos Custos

(Em US\$/t)

ITEM	USINA INTEGRADA	MINI-MILL
Custos Fixos	130	30
Custos Variáveis	185	255
Sucata	30	155
Outros	155	100
Subtotal	315	285
Despesas com Depreciação	20	20
Despesas com Juros	15	10
Total	350	315

Fonte: Paine Webber (1998).

aciaria LD representam 60% da energia consumida em uma usina integrada. Segundo estudo realizado pela McKinsey, as *mini-mills* consomem em energia elétrica aproximadamente 540 kWh/t de aço, enquanto as integradas apenas 180 kWh/t. Entretanto, o consumo de energia bruta para a obtenção do aço líquido é duas vezes maior nas usinas integradas do que nas *mini-mills*, onde o consumo até a obtenção do produto final é 60% a 70% menor em relação à energia necessária às integradas.

Os ganhos de produtividade relativos à parte tecnológica, em geral, são obtidos por inovações como utilização de modernos sistemas de refrigeração e vazamento, injeção de oxigênio, fornos elétricos de corrente contínua, transformadores de alta potência e pré-aquecimento da carga, entre outros.

A usina integrada BF/BOF ainda mantém vantagem de custo quando produzindo altos volumes próximos aos níveis de capacidade, devido aos ganhos de escala. Entretanto, as *mini-mills* recuperam sua vantagem no custo operacional quando os níveis de produção precisam ser flexíveis para atender à demanda em termos de quantidade e qualidade.

Redução da Escala Mínima Ótima de Produção

As siderúrgicas integradas, pela utilização do alto-forno, têm seus ganhos de eficiência atrelados à operação de grandes escalas, que cada vez ficam maiores. Enquanto grande parte das tradicionais usinas integradas trabalha com escalas que variam de 5 até 10 milhões de t/a de aço bruto, atualmente uma típica *mini-mill* para produção de planos possui uma capacidade em torno de 1 milhão de t/a. No início, entretanto, a maioria das *mini-mills* norte-americanas produzia quantidades variando entre 300 e 500 mil t/a. Essa escala foi aumentando e já há atualmente projetos com volumes de 2 a 3 milhões de t/a de capacidade.

A operação eficiente de menores escalas torna as *mini-mills* competitivas no atendimento de demandas e mercados específicos, também agregando flexibilidade para responder mais rapidamente às oscilações do mercado. Além disso, a redução da escala mínima ótima de operação ocasionou ainda importantes consequências na estrutura organizacional e de logística dessas empresas. Com usinas de menor escala e mais compactas, torna-se possível descentralizar a produção e otimizar a localização das unidades, aproximando-as do mercado consumidor e/ou das fontes de insumos, reduzindo custos de transporte.

Por utilizarem um leque maior de insumos, as *mini-mills* também têm a vantagem de apresentar maior flexibilidade, redirecio-

nando a utilização de insumos de acordo com os acontecimentos do mercado.

Todos esses fatores intensificam a perda de competitividade da rota tecnológica integrada tradicional na implantação de novos projetos de aumento de capacidade. Entretanto, vale destacar que o processo tecnológico a ser utilizado em determinadas regiões depende de uma série de peculiaridades inerentes a cada uma delas, envolvendo a logística, a disponibilidade e o custo dos principais insumos, assim como a localização do mercado-alvo, os custos de transporte e demais questões socioeconômicas e até políticas.

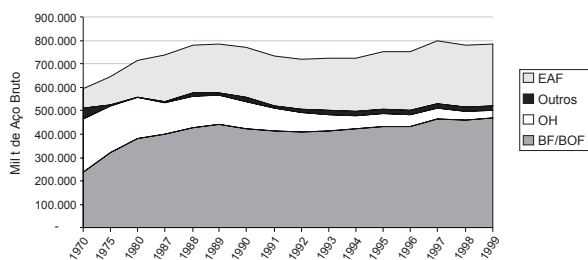
A ascensão das *mini-mills*, ao longo das últimas três décadas, pode ser acompanhada pelo desenvolvimento do forno elétrico, que vem aumentando sua participação e se tornando progressivamente mais importante e significativo na indústria siderúrgica mundial. De 1970 até hoje, enquanto toda a produção mundial de aço bruto cresceu aproximadamente 30%, a produção através de aciaria elétrica triplicou, saltando de 86 milhões de t em 1970 para 263 milhões de t em 1999.

Simultaneamente, outras tecnologias já então obsoletas, como os fornos Siemens-Martin e Bessemer, foram sendo rapidamente substituídas. Em 1970, esses fornos, conhecidos genericamente como *open hearth furnace* (OH), respondiam por 40% da produção mundial. Atualmente, não passam de 5%, concentrados principalmente nos países da CIS (27 milhões de t), na Índia (3 milhões de t) e na China (2 milhões de t).

O desenvolvimento de novas aciarias para a elaboração do aço restringe-se, até o presente, à tecnologia *energy optimizing*

Ascensão das *Mini-Mills* no Cenário Siderúrgico Mundial

Gráfico 2
Evolução da Produção Mundial: Tecnologias – 1970/99



Fontes: BNDES e IISI.

furnace (EOF), utilizada no Brasil e na Índia, e a alguns *air-blown converters*, na China. O processo EOF, desenvolvido no Brasil no início da década de 80 pela antiga Companhia Siderúrgica Pains (atual Gerdau Divinópolis), engloba num único sistema o sopro submerso de oxigênio, a pós-combustão e o preaquecimento da sucata, operando com um suprimento mínimo de gusa líquido igual ou superior a 40% da carga metálica. Desde seu *start-up* até o início de 1999, a usina já produziu 5 milhões de t de tarugos por esse processo.

A partir de 1970, a rota tecnológica integrada a BF/BOF também experimentou aumento de sua participação, chegando a 59,8% em 1999. Entretanto, principalmente nos últimos 10 anos, percebe-se que a produção EAF apresentou maior desenvolvimento, elevando-se 52 milhões de t no período 1989/99, com crescimento médio de 2,2% a.a. Com isso, aumentou também sua participação na produção mundial em 6,6 pontos percentuais. Atualmente, a aciaria elétrica já responde por 33,4% de todo o aço produzido no mundo.

Os maiores responsáveis pelo aumento do volume da produção EAF, como pode ser observado na Tabela 3, foram a Ásia, a América do Norte e a Comunidade Européia. Nesta última, já totalmente sem a presença de fornos OH desde 1989, percebe-se um claro movimento de transferência da capacidade de BOF para aciaria elétrica, efetivado na maioria de seus países, destacando-se a Alemanha e a Espanha, que juntas reduziram em 5,5 milhões de t a produção por BOF e aumentaram a EAF em 8,7 milhões de t, cuja participação em 1999 atingiu 38,1% da produção da União Européia.

Tabela 3
Produção Mundial por Processo – 1989/99
(Em Milhões de t)

	1989				1999				VARIACÃO % (1999/89)			
	BOF	EAF	OH	Outros	BOF	EAF	OH	Outros	BOF	EAF	OH	Outros
Ásia	138,0	64,6	18,0	7,8	193,7	88,3	5,5	20,0	55,7	23,7	(12,5)	12,3
Nafta	66,5	41,1	5,2	0,1	67,2	61,6	–	–	0,7	20,5	(5,2)	(0,1)
União Européia	107,2	45,3	–	–	96,1	59,1	–	–	(11,1)	13,8	–	–
Outros Países da Europa	36,4	19,5	17,1	0,2	25,2	16,6	0,7	–	(11,2)	(2,9)	(16,5)	(0,2)
Antiga URSS	55,6	21,0	83,6	–	48,7	10,3	27,1	–	(6,8)	(10,7)	(56,5)	–
América Latina	21,9	10,8	0,7	0,8	23,0	12,6	–	–	1,2	1,8	(0,7)	(0,8)
África	8,5	4,9	0,1	0,1	6,6	5,3	–	0,1	(1,9)	0,4	(0,1)	–
Oriente Médio	0,8	2,8	–	–	2,1	7,5	–	–	1,3	4,7	–	–
Oceania	6,7	0,7	–	–	7,4	1,5	–	–	0,7	0,8	–	–
Mundo	441,7	210,6	125,0	8,6	470,2	262,8	33,3	20,1	28,5	52,2	(91,7)	11,5

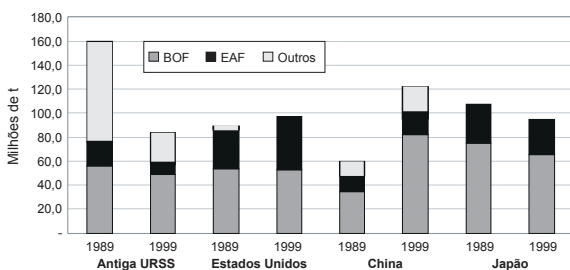
Fontes: BNDES e IISI.

Já a Ásia apresentou comportamentos diferenciados para seus principais países. Na China, fornos OH foram fechados e as usinas integradas responderam por 75% do crescimento de 62 milhões de t no período comentado. A aciaria elétrica elevou pouco sua produção (7 milhões de t), menos até que os *air-blown converters* (19 milhões de t), perdendo participação. Ainda se recuperando dos efeitos da crise, o Japão mostrou em 1999 uma produção com níveis mais baixos que em 1989. Contudo, os *shares* entre integradas e *mini-mills* não se modificaram. Ressalte-se que o país apresenta a peculiar situação de as usinas integradas exercerem grande controle acionário sobre as *mini-mills*. Já Coréia do Sul e Taiwan cresceram em ambas as rotas tecnológicas, porém com maior ênfase em EAF, e aumentaram o volume produzido por esse processo em 14 milhões de t, elevando o *share* EAF em ambos os países para 42%. Como resultado para o continente asiático, apesar das significativas 23,7 milhões de t de aumento, o crescimento da aciaria elétrica acompanhou o crescimento médio total da produção (em torno de 3% a.a.), conservando dessa forma sua participação em torno de 28%. Em contrapartida, a produção BOF aumentou sua participação, atingindo 63%, impulsionada principalmente pelo acréscimo de 47,3 milhões de t da China no período observado.

Os países da América do Norte rumaram coesos, liderados pelos Estados Unidos, no sentido da expansão em aciaria elétrica. Destaca-se o México, onde a elevação dessa tecnologia de produção (6 milhões de t) superou o aumento na produção integrada (2 milhões de t), fazendo sua participação atingir os atuais 65%.

Os Estados Unidos são um caso à parte, pois o país é o centro de ascensão das *mini-mills*. Observam-se, no período analisado, tanto o fechamento de fornos obsoletos (OH e antigos BOF) como a clara perda de competitividade das indústrias integradas

Gráfico 3
Participação de Tecnologias na Produção: Países Seleccionados – 1989/99



Fontes: BNDES e IISI.

frente às *mini-mills*, que aumentaram sua produção em 13 milhões de t e emergiram como uma rota tecnológica perfeitamente aderente à configuração do país, onde o desenvolvimento industrial distribui-se por todo o território nacional. Destaca-se que a organização e a eficiência da indústria de coleta, processamento e distribuição da sucata proporcionaram as condições básicas para essa evolução. As *mini-mills* norte-americanas são providas com sucata de boa qualidade por um sistema desenvolvido durante anos, num esforço que reuniu as empresas e o governo. Todas as novas usinas construídas no país nos últimos 20 anos têm forno elétrico, de onde sai atualmente quase metade do aço produzido (47%), enquanto por volta da década de 70 esse volume não passava de 10%. No período 1994/98, surgiram aproximadamente 16 milhões de t como nova capacidade de EAF em várias usinas, como, por exemplo, Gallatin, Steel Dynamics, North Star/Kingman, Nucor/Berkeley (planos e estruturais), Beta Steel, Ipsco/Montpelier, Tuscaloosa, NSS/BHP, Birmingham Steel/Memphis, Trico, Qualitech e Bartech (reaberta). Esperam-se ainda novos 5 milhões de t em EAF para 1999/2001, com os seguintes projetos: Chaparral/Virginia (estruturais), Ipsco/Alabama (placas), Nucor/Berkeley (expansão de planos), Nucor/Hertford (placas) e SDI (planos e estruturais).

No resto da Europa, a produção total de aço sofreu uma redução média de 5,3% a.a., caindo 30,8 milhões de t, dos quais apenas 2,9 milhões de t em EAF, cuja produção resistiu mais à crise, decrescendo apenas o equivalente a 1,6% a.a., enquanto os fornos BOF reduziram suas produções em 11,2 milhões de t e os fornos OH praticamente desapareceram, baixando de 16,5 milhões de t para

Tabela 4

Evolução da Produção em Forno Elétrico: Países e Blocos Selecionados – 1989/99

	PRODUÇÃO EAF (Milhões de t)		% EAF/Total 1999	CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO EAF (% a.a. 1989/99)	CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO TOTAL (% a.a. 1989/99)
	1989	1999			
União Européia	45,3	59,1	38,1	2,7	0,2
Estados Unidos	31,9	44,9	46,2	3,5	0,9
Japão	33,0	28,7	30,5	-1,4	-1,3
China	12,8	19,6	15,8	4,4	7,2
Coréia	6,5	17,1	41,6	10,2	6,5
Antiga USSR	20,9	10,3	11,9	-6,9	-6,0
México	4,1	9,9	65,0	9,4	6,9
Turquia	4,7	9,2	64,1	7,0	6,2
Índia	4,1	7,8	32,1	6,8	5,2
Canadá	4,7	6,7	41,5	3,6	0,5
Taiwan	3,0	6,4	41,9	7,8	5,5
Brasil	5,7	5,5	21,9	-0,3	0,0
Mundo	210,7	262,8	33,4	2,2	0,0

Fontes: BNDES e IISI.

cerca de 700 mil t. Desse modo, a aciaria elétrica elevou sua participação de 26,6% em 1989 para 39,1% em 1999. Destaca-se ainda que a Turquia fugiu completamente ao comportamento desse grupo, mostrando um crescimento médio de 6,2% a.a., puxado em grande parte pelo desenvolvimento da aciaria elétrica.

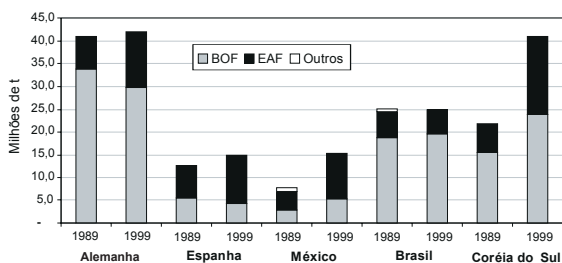
Os países da antiga União Soviética também experimentaram um forte decréscimo na produção total (6% a.a. em média). Entretanto, nesse caso o mercado, configurado pelo encolhimento do consumo local e pela exportação de altos volumes de produtos com baixa agregação de valor, privilegiou as usinas BOF. O que se observa é a rota BOF ganhando participação em detrimento principalmente da desativação parcial dos obsoletos OH, que baixaram a produção em 56,5 milhões de t. Como resultado, as usinas integradas aumentaram de 34,7% para 56,6% seu *share* na produção, e os fornos elétricos perderam espaço, caindo 1,2 ponto percentual. Ressalte-se que esses países ainda conservam altos volumes de aço produzidos em fornos OH e que na Rússia e na Ucrânia estão as menores taxas de utilização de EAF no mundo (respectivamente, 12,8% e 4,4%).

A África, o Oriente Médio e a Oceania apresentaram crescimento médio na produção por EAF de 1%, 10,3% e 7,6%, respectivamente, todos acima dos níveis de crescimento de suas produções totais. Portanto, aumentaram suas participações de EAF para 44,1%, 77,8% e 16,5%.

A América Latina, excetuando-se Brasil e Chile, é predominantemente dominada pela aciaria elétrica. O Brasil, por dispor de inegável favorabilidade à rota integrada, não mostrou modificação em sua distribuição e contou com aproximadamente 78% para as integradas e 22% para aciaria elétrica.

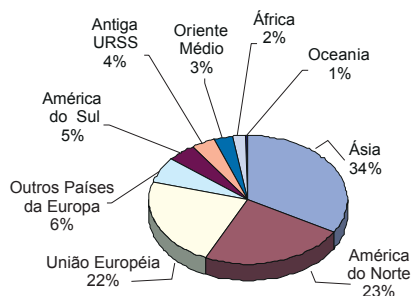
Por fim, a atual distribuição da produção em aciaria elétrica no mundo se dá conforme se pode observar no Gráfico 5.

Gráfico 4
Participação de Tecnologias na Produção: Países Selecionados – 1989/99



Fontes: BNDES e IISI.

Gráfico 5
Distribuição da Produção em Aciaria Elétrica no Mundo – 1999



Fontes: BNDES e IISI.

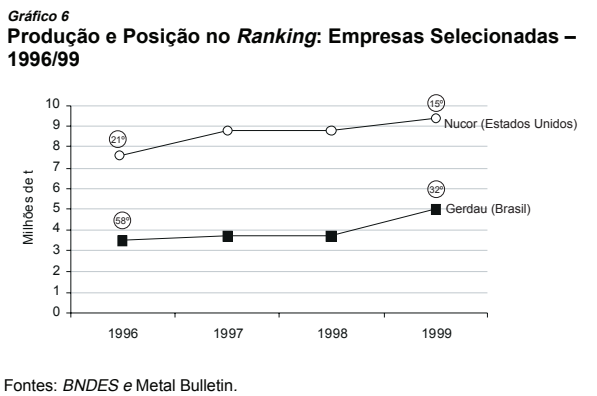
Principais Grupos

Apesar de se caracterizar por usinas com reduzidos volumes de capacidade, a escala empresarial das *mini-mills* não é necessariamente menor em relação às integradas. Ao contrário, atualmente os grupos líderes entre as *mini-mills* chegam a ser maiores que muitos produtores integrados tradicionais, o que pode ser comprovado pelo *ranking* dos maiores produtores mundiais de aço em 1999, que mostra a empresa norte-americana Nucor (líder das *mini-mills*) alcançando a 15ª posição, com uma produção de 9,4 milhões de t. O mesmo *ranking*, divulgado pela *Metal Bulletin*, aponta o grupo brasileiro Gerdau como a segunda maior siderúrgica baseada em *mini-mills* no mundo. Na sexta posição, o LNM Group, apesar de possuir usinas integradas BF/BOF, vem dirigindo sua expansão dentro de um modelo de *mini-mills* integradas à redução direta. A seguir, destaca-se resumidamente o perfil desses três grupos (Tabela 5).

Tabela 5
Produção e Posição no Ranking Mundial: Empresas Seleccionadas – 1996/99

		1996	1997	1998	1999
Nucor (Estados Unidos)	Produção (Milhões de t)	7,6	8,8	8,8	9,4
	Ranking	21	17	17	15
Gerdau (Brasil)	Produção (Milhões de t)	3,5	3,7	3,7	5,0
	Ranking	58	54	50	32
LNM Group (Reino Unido)	Produção (Milhões de t)	9,4	10,9	17,2	19,9
	Ranking	12	10	4	6

Fontes: BNDES e Metal Bulletin.



A Nucor surgiu a partir da reestruturação de uma companhia de instrumentos nucleares e eletrônicos (Nuclear Corporation of America) e iniciou como uma fabricante de caibros para a construção civil. Pressionada por uma crise de aço nos anos 60, a empresa decidiu adotar a tecnologia de forno EAF, e em 1969 entrava em operação sua primeira *mini-mill*, localizada em Darlington, na Carolina do Sul.

Nucor

Considerada uma espécie de líder no segmento das *mini-mills*, pelo pioneirismo tanto na origem das *mini-mills* quanto na incursão no mercado de planos, a Nucor foi responsável pela difusão de muitos conceitos técnicos e gerenciais que caracterizam as atuais *mini-mills*. Em pouco mais de duas décadas, a empresa cresceu de

Tabela 6

Nucor: Usinas em Operação

UNIDADE	ESTADO	CAPACIDADE (Mil t)	PRODUTOS
Darlington	South Carolina	550	Barras
Norfolk	Nebraska	1.000	Barras e Seções Leves
Jewett	Texas	1.000	Barras e Seções Leves
Plymouth	Utah	1.000	Barras e Seções Leves
Crawfordsville	Indiana	2.500	BQ e BF
Hickman	Arkansas	2.000	BQ e BF e Galvanizados
Berkeley	South Carolina	2.500	BQ e BF e Seções
Hertford	North Carolina	1.000	Placas
Nucor-Yamato	Arkansas	2.750	Vigas e Seções

Fonte: Metal Bulletin (2000).

tal maneira que deixou de ser a menor siderúrgica dos Estados Unidos para transformar-se na segunda maior do país, deixando para trás importantes produtores integrados como Bethlehem e LTV e sendo superada somente pela integrada US Steel. Com uma produção de 9,4 milhões de t em 1999, a Nucor fatura aproximadamente US\$ 4 bilhões por ano, emprega mais de sete mil funcionários e atualmente é a maior recicladora norte-americana, processando mais de 10 milhões de t de sucata de aço por ano.

Gerdau

O grupo brasileiro Gerdau iniciou suas atividades há 99 anos, a partir de uma pequena fábrica de pregos em Porto Alegre (Rio Grande do Sul). Em 1948, constituiu sua primeira usina, a Siderúrgica Riograndense S.A., e desde então vem traçando uma trajetória de constante crescimento, focada na produção e comercialização de produtos longos e especiais.

Aproveitando o programa de privatizações do antigo Sistema Siderbrás, iniciado em 1988, a empresa acelerou sua expansão doméstica e atualmente conta com 10 usinas estrategicamente situadas nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

A expansão internacional iniciou-se em 1980, com a aquisição da Siderúrgica Laisa, no Uruguai. Em 1989, instalou-se no Canadá, com a Courtice Steel. Três anos depois, assumiu o controle da chilena Aza e, em 1995, reforçou sua posição no Canadá, com a aquisição da MRM Steel. Seguindo sua expansão na América do Sul, começou a operar a argentina Sipsa em 1997 e, no ano seguinte, associou-se à Sipar Aceros.

Entretanto, o grande salto no *ranking* dos produtores foi proporcionado pela recente aquisição da AmeriSteel, a segunda maior produtora de vergalhões e a terceira de barras e perfis dos Estados Unidos. Com essa operação, a empresa passou a controlar quatro usinas, três unidades de transformação e 18 centros de

Tabela 7

Dimensão do Grupo Gerdau – 1999

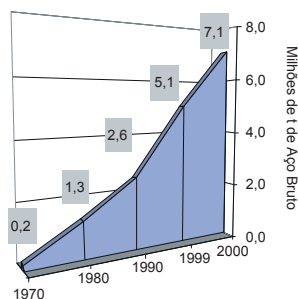
	BRASIL	EXTERIOR		
		América Latina	Estados Unidos	Canadá
Usinas Siderúrgicas	10	3	4	2
Unidades de Transformação	5	–	3	–
Centros de Serviços	5	–	18	–
Participações Societárias	1	1	–	–

Fontes: Gerdau (informações para a imprensa) e BNDES.

serviços de corte e dobra de aço para a construção civil nos Estados Unidos.

Em 1999, consolidando o último trimestre da AmeriSteel e as participações na Açominas (36,6%) e na Sipar (33%), o Grupo Gerdau registrou um faturamento de US\$ 2,3 bilhões e lucro líquido de US\$ 201 milhões, para uma produção de 5 milhões de t. A empresa projeta para 2000 uma produção de 7,1 milhões de t, considerando 100% da produção da AmeriSteel (Gráfico 7).

Gráfico 7
Evolução da Produção: Grupo Gerdau – 1970/2000



Fonte: Gerdau (informações para a imprensa).

O LNM Group emprega, no total, mais de 80 mil funcionários e possui suas principais unidades nos seguintes países: Estados Unidos, Canadá, México, Trinidad e Tobago, Alemanha, França, Irlanda, Luxemburgo, Bélgica, Itália, Casaquistão e Indonésia. Trata-se atualmente do produtor siderúrgico mais global, dividindo-se em três subsidiárias: Ispat Karmet (Casaquistão), Ispat Indo (Indonésia) e Ispat international.

LNM Group

A Ispat International, atualmente a siderúrgica de mais rápido crescimento em nível mundial, baseia-se em uma forte estratégia de atuação global, já tendo adquirido, desde 1989, cerca de sete grandes plantas siderúrgicas. Com isso, aumentou sua produção de 280 mil t em 1989 para 6 milhões de t em 1996, compondo uma taxa média anual de 55% de crescimento. Suas principais operações internacionais incluem atualmente as seguintes empresas: Ispat Inland Inc., Ispat Mexicana, Caribbean Ispat Limited, Ispat Sidbec Inc., Ispat Hamburger Stahlwerke GmbH, Ispat Stahlwerk Ruhrort GmbH, Ispat Walzdraht Hochfeld GmbH e Irish Ispat Limited. A própria empresa aponta as modernas e atualizadas instalações e equipamentos, a excelência operacional superior e a filosofia global

Tabela 8
Ispat: Últimas Aquisições

	ANO	EMPRESA	PAÍS
Privatizações	1991	Sibalsa	México
	1994	Iscott	Trinidad e Tobago
	1994	Sidbec-Dosco	Canadá
	1995	Irish Steel	Irlanda
	1995	Karmet	Casaquistão
Aquisição	1998	Inland Steel	Estados Unidos

Fonte: BNDES.

de gerenciamento como diferenciais para a obtenção de baixos custos na produção de um amplo portfólio de produtos, envolvendo semi-acabados, longos e planos. Com grande diversificação no *mix* de produtos ofertados e atuação global, a empresa busca reduzir sua exposição às mudanças do mercado.

Um volume considerável de sua produção é direcionado à exportação. Em 1996, aproximadamente 53% das vendas líquidas consolidadas foram provenientes de produtos vendidos fora do país de produção. América do Norte (58%) e Europa (20%) são mercados-chave para a empresa, uma das maiores exportadoras de placas, grande produtora de fio-máquina e ainda líder em outros segmentos de mercado.

A empresa optou, como rota tecnológica para expansão, pelas *mini-mills* apoiadas no uso de DRI como substituto da sucata e, desse modo, investiu em unidades próprias de redução direta. Atualmente, a Ispat International tornou-se a maior produtora mundial de aço utilizando *mini-mills* integradas, com redução direta, sendo também a maior produtora e a maior consumidora mundial de DRI, gerando 15% de toda a produção mundial.

A Tecnologia TSC e a Invasão sobre o Mercado de Planos

Inicialmente utilizadas para a fabricação de aços inoxidáveis, aços para a construção e aços longos comuns de baixo valor agregado, as usinas semi-integradas se desenvolveram e expandiram seu *mix* de produção, invadindo os mercados de longos de alta qualidade, perfis pesados, barras especiais e fio-máquina. Entretanto, restrições técnicas mantinham cativo todo o mercado de planos para os produtores integrados a BF/BOF, impondo um limite à expansão das *mini-mills* e definindo claras fronteiras na aplicação das rotas BF/BOF e EAF.

O recente advento da tecnologia *thin slab casting* acabou com isso, permitindo que as *mini-mills* comesçassem a produzir planos, e até mesmo com alto valor de agregação. A tecnologia TSC, ou lingotamento de placas finas, pode ser postulada como sendo a

sucessora do lingotamento contínuo tradicional e se apresenta na indústria com vários nomes comerciais, de acordo com o fabricante do equipamento. Podem ser citados, por exemplo: *compact strip production* (CSP), *in-line strip production* (ISP), *tippins strip production* (TSP), *flexible thin slab rolling* (FTSR) e *cast press rolling* (CPR).

Novamente a Nucor foi pioneira. A primeira planta com tecnologia TSC da empresa, a usina Crawfordsville, localizada em Indiana, entrou em operação em julho de 1989, requerendo inicialmente 400 empregados e US\$ 375 milhões para uma capacidade instalada de 820 mil t. Em 1992, entrava em operação a segunda usina com tecnologia TSC da Nucor, dessa vez em Hickman e com uma capacidade de 1 milhão de t.

Desde então, a tecnologia vem se difundindo em todo o mundo. Na Europa, a primeira usina com essa tecnologia (e 8ª no mundo) surgiu em 1996, na Acería Compacta de Bizkaia (ACB), controlada atualmente pela Aceralia. Na China, a primeira *mini-mill* de planos foi inaugurada somente no ano passado e utiliza tecnologia CSP, desenvolvida pela alemã SMS Demag. Segundo relatório das Nações Unidas, até 1999 as unidades operando com tecnologia TSC acumulavam uma capacidade instalada de cerca de 35 milhões de t. Na Tabela 9, destacam-se alguns projetos de 1999 e previstos para 2000.

Agora as *mini-mills* partem para competir diretamente com as integradas, tanto nas *commodities* como nas linhas de maior valor agregado. Porém, para fazer produtos de alta qualidade, elas necessitam de uma qualidade controlada na composição de suas cargas (insumos). Desse modo, crescentemente têm buscado fontes de ferro primário, como será abordado a seguir.

Tabela 9

Desenvolvimento da Tecnologia TSC

EMPRESA	PAÍS	PROCESSO	START-UP	CAPACIDADE (Mil t)
Zhujiang	China	CSP	1999	800
Hylsa	México	CSP	1999	900
Megasteel	Malásia	CSP	1999	2.000
Bao Tou	China	CSP	1999	2.000
Thyssen TKS	Alemanha	CSP	1999	2.000
Handan	China	CSP	2000	1.200
Siam SS	Tailândia	QSP	2000	1.500
Hoogovens	Holanda	ISP	2000	1.200
Esfahan	Irã	FTSR	2000	700
ACB	Espanha	CSP	2000	900

Fonte: *United Nations, Iron and steel scrap (1999)*.

Tão significativo é o surgimento da tecnologia TSC que, assim como aconteceu com o lingotamento contínuo, os produtores integrados começaram a adotá-la. Como exemplo, dois dos maiores produtores integrados do mundo estão investindo em projetos para a instalação de TSC em sua produção, como a Thyssen-Krupp, que espera que sua planta em Duisburg (Alemanha) com o novo TSC atinja a plena capacidade de 2 milhões de t/a em outubro de 2000, e a Corus, que prepara o início de atividade do TSC na unidade de Ijmuiden (Holanda), com capacidade de 1,5 milhão de t/a de tiras a quente e tecnologia ISP. Essas empresas desejam aproveitar a estrutura BF/BOF existente para fabricar produtos de qualidade e especificação superiores, já que não possuem as restrições de insumos das *mini-mills*. A nova tecnologia permite que se obtenham produtos com menores espessuras e melhores propriedades. As condições do processo e as refinadas técnicas de laminação proporcionam ajustes com menor tolerância, maior homogeneidade na microestrutura e pequena variância nas propriedades mecânicas. Com isso, as integradas com TSC buscam alcançar novos mercados, com produtos de alta qualidade. Afirma-se, inclusive, que a tecnologia possibilita a produção de laminados a quente que poderiam substituir, pela semelhança de propriedades e qualidade, alguns laminados a frio.

Insumos

A questão dos insumos é simplesmente fundamental não só para a decisão de implantação de um projeto *greenfield* de uma *mini-mill*, como também para todo o desenvolvimento futuro desse segmento na indústria siderúrgica mundial.

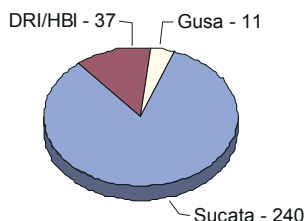
A sucata, de longe o principal insumo das *mini-mills*, correspondia historicamente a quase 100% da carga de fornos elétricos. As usinas integradas também podem utilizá-la na alimentação do forno LD, mas de forma limitada. Sua oferta sempre foi um fator determinante para o desenvolvimento de *mini-mills*, tanto regionalmente como globalmente. Os Estados Unidos, que, com a forte ascensão das *mini-mills*, tornaram-se os maiores consumidores de sucata no mundo, contam com uma indústria sucateira desenvolvida e bem organizada, que totaliza aproximadamente 3.500 processadores e posiciona o país também como maior exportador mundial de sucata de aço. Já o Brasil mantém integrada a maior parte de sua produção, pois experimenta uma situação inversa, com dificuldades na organização do mercado sucateiro e abundância na oferta de minério.

A produção mundial de aço em fornos elétricos, que atingiu 265 milhões de t em 1998, gerou uma necessidade total de aproximadamente 288 milhões de t em metálicos (considerando-se uma metalização média de 94%Fe para a carga no forno), distribuídos segundo o Gráfico 8. No mesmo ano, cerca de 80 milhões de t de sucata foram demandados pelas integradas.

Gráfico 8

Demanda por Metálicos para Produção em Forno Elétrico – 1998

(Em Milhões de t)



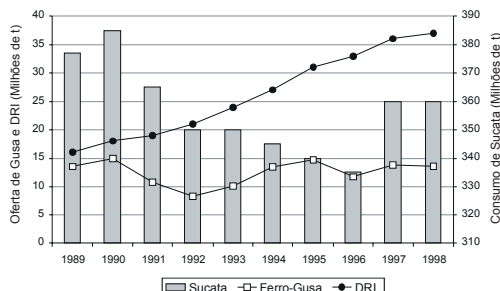
Fontes: *United Nations, Iron and steel scrap (1999)* e *BNDES*.

A franca tendência ascendente da produção EAF e a maior utilização de sucata nas integradas despertam dúvidas quanto à futura disponibilidade dessa matéria-prima. Aliado a isso, observa-se que inovações nos processos de lingotamento estão reduzindo o volume de sucata produzido internamente às usinas siderúrgicas (*home scrap*). Com a transição do lingotamento convencional para o lingotamento contínuo, o volume de *home scrap* reduziu-se de 0,25 t a 0,35 t/t de aço para 0,1 t/t de aço. Com o TSC, esse volume reduz-se ainda mais, atingindo aproximadamente 0,03 t/t de aço. Destaca-se, entretanto, que inovações tecnológicas nos processos de redução direta e nos próprios fornos elétricos têm viabilizado o crescimento da produção e da utilização de substitutos parciais para sucata, DRI/HBI e ferro-gusa, que representaram cerca de 16% da demanda por metálicos para EAF em 1998.

Essas fontes de ferro primário têm sido mais demandadas não só pelas oscilações de preço e oferta da sucata, mas também pelo enobrecimento do *mix* de produtos ofertados pelas *mini-mills*. A confecção de produtos com maior agregação de valor, principalmente no caso dos planos, demanda um aço de melhor composição e, conseqüentemente, requisita uma carga de insumos com maior grau de pureza, ou seja, sucata de alta qualidade e com baixo nível de contaminantes ou maior quantidade de ferro-esponja/gusa para complementar a carga.

O ferro-esponja, ferro primário na forma de DRI/HBI, pelo alto grau de metalização (97% de pureza), proporciona ótimo rendimento na produção do aço, diminuindo o consumo de energia e o tempo de corrida. É obtido pelo processo de redução direta, que, apesar de ainda ser uma tecnologia em consolidação, experimenta um notável crescimento. Muitas empresas têm buscado desenvolver processos similares, produzindo DRI/HBI ou gusa líquido

Gráfico 9

Evolução do Consumo de Sucata e da Oferta de Substitutos – 1989/98

Fontes: United Nations, Iron and steel scrap (1999) e IISI.

Obs.: Sucata = consumo; ferro-gusa = importações; e DRI = produção.

e utilizando como entrada o minério em pelotas ou finos e como redutor o gás natural, o coque ou o carvão. Entre elas, podem ser citadas as seguintes: Circored, Finmet, Iron Carbide, Fastmet e Tecnored (brasileira). Entretanto, muitos têm sido os insucessos, e a maioria das empresas possui apenas operação em planta-piloto. Atualmente, somente os processos Midrex e Hyl, que representaram, respectivamente, 67% e 23% da produção mundial de DRI/HBI de 1999, encontram-se tecnologicamente consolidados e apresentam-se como opções para a expansão da produção de ferro reduzido.

O crescimento do uso do forno elétrico acarretou a elevação do preço da sucata no início da década de 90. Como consequência, o gusa de mercado ganhou mais atratividade para a siderurgia em forno elétrico. Segundo o IISI, os maiores importadores de ferro-gusa em 1998 foram Estados Unidos (5,1 milhões de t), Coréia (2,5 milhões de t), Itália (1,7 milhão de t) e Taiwan (1 milhão de t), todos possuindo, não por acaso, grande participação da produção em fornos elétricos. Já com relação à oferta, destacam-se, como maiores exportadores mundiais, Brasil (3,2 milhões de t), China (2,4 milhões de t), Japão (2,3 milhões de t), Ucrânia (2,1 milhões de t) e Rússia (2 milhões de t).

Comparado ao DRI/HBI, o ferro-gusa apresenta significativas vantagens técnicas (maior quantidade de carbono, fusão mais fácil etc.), que resultam em ganhos de produtividade, economia de energia e maior adaptabilidade à tecnologia dos fornos EAF. Entretanto, um dos empecilhos ao desenvolvimento desse insumo é a própria instabilidade de sua oferta, devido à pouca organização dos produtores independentes. Atualmente, as *mini-mills* que dele se utilizam o têm feito na forma sólida ou líquida, na composição de 10% a 15% da carga.

Espera-se, para os próximos anos, o início de um novo ciclo de retomada do mercado siderúrgico mundial, marcado por substanciais crescimentos na produção e consumo siderúrgicos. Estima-se que a produção mundial de aço deverá atingir 998 milhões de t por volta de 2010, crescendo a uma taxa média de 2,2% a.a. no período. Essa evolução será dirigida basicamente pela recuperação do consumo aparente de aço nos países em desenvolvimento (principalmente a economia asiática), com taxas projetadas de crescimento acima de 3% a.a. A elevação do consumo em países avançados como Estados Unidos e Japão e na União Européia deve aproximar-se de 1% a.a.

Nesse cenário, espera-se que a futura expansão de capacidade da siderurgia no mundo seja preponderante na tecnologia de fornos elétricos, impulsionando a produção EAF para algo em torno de 400 milhões de t em 2010. A participação da aciaria elétrica na produção global de aço deverá saltar de 34% em 1999 para cerca de 40% no período. Esse desenvolvimento será adquirido pela introdução de nova capacidade em EAF e pela substituição de fornos obsoletos. Espera-se que a produção por EAF cresça a uma taxa média de 3,9% a.a. (Tabela 10). Portanto, quanto às tecnologias vigentes na siderurgia mundial, as estimativas são as seguintes:

- rápido desaparecimento dos restantes fornos OH;
- crescimento da rota BF/BOF em volume produzido, porém com estagnação ou pequena redução de participação; e
- contínuo crescimento da produção por EAF, tanto em volume como em *share*.

As *mini-mills* devem continuar investindo no *dowstream*, buscando alcançar produtos de maior valor agregado e, conseqüentemente, maior margem. Nesse sentido, reforça-se uma tendência de que *mini-mills* e processadores (unidades de acabamento) venham a iniciar *joint-ventures*, fusões e aquisições. Do mesmo modo, espera-se que continuem avançando sobre o mercado de planos,

Tabela 10

Perspectivas para a Produção Mundial

		2000		2010	
		Milhões de t/a	%	Milhões de t/a	%
EAF	Planos	20	8	66	17
	Longos	243	92	264	83
	Total	263	33	400	40
BF/BOF		470	60	598	60
Outros		53	7	—	—
Total		786	100	998	100

Fonte: Tabela montada com dados do IISI.

pressionando o mercado e a rentabilidade dos competidores integrados. Entretanto, apesar das grandes vantagens das *mini-mills* com a moderna tecnologia TSC, sabe-se que estas ainda têm um longo caminho até atingir a abrangência e a qualidade de boa parte do *mix* de produtos ofertado pelas integradas. Quanto à tecnologia TSC, é esperado que seja absorvida por toda a indústria, assim como ocorreu com o lingotamento contínuo.

Principalmente para os produtores de planos, parece fundamental a expansão de atividades no *upstream*, instalando unidades de redução direta para obtenção de ferro primário. Portanto, espera-se também a continuidade da difusão dos atuais processos de redução direta, com subseqüentes reflexos no mercado mundial de minério de ferro.¹

A Nucor, mantendo-se como "referência" para o segmento, tem apontado a criação de uma nova tecnologia, o *direct strip casting* (DSC), que será utilizada nas suas perspectivas de expansão através de projetos *greenfield* no mercado norte-americano. Segundo a empresa, que espera iniciar as operações da primeira planta com DSC em 2001, ainda em local não definido, a nova tecnologia vai mudar, nos próximos anos, o modo como os laminados planos são feitos. Além disso, apesar do fracasso na tentativa de produção de Iron Carbide em Trinidad e Tobago, a empresa continua investindo no desenvolvimento de tecnologias de redução direta e estuda a aplicação do processo Hismelt para a produção de gusa líquido utilizando carvão como elemento redutor. Deve-se ainda atentar para as seguintes possíveis conseqüências com a continuidade da evolução de *mini-mills*:

- encorajamento para o ingresso de novos entrantes na indústria;
- aumento do preço da sucata, devido a uma defasagem no crescimento das *mini-mills* e dos projetos de substitutos de sucata; e
- maior pressão na margem das integradas, principalmente devido ao crescimento da capacidade bastante competitiva em custo das *mini-mills*.

Conclusão

A ascensão das *mini-mills* tem importância inegável em razão dos diversos efeitos e mudanças extremamente significativos para a renovação da indústria siderúrgica mundial. As suas principais características, as vantagens competitivas em relação à rota tecnológica integrada e, finalmente, as modificações que proporcionaram à indústria estão resumidas na Tabela 11.

Entre os muitos atributos das *mini-mills*, destaca-se a constante adoção de inovações, tanto tecnológicas como gerenciais. De forma dinâmica, elas mudaram a realidade e o comportamento da

¹Informações adicionais sobre o minério de ferro podem ser obtidas nos Informes Setoriais publicados pelo BNDES Minério de ferro no mundo: retomada de crescimento e Minério de ferro no Brasil: reestruturação com crescimento.

Tabela 11
Impacto das *Mini-Mills* no Ambiente Siderúrgico

CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS COMPETITIVAS	EFEITOS SOBRE A INDÚSTRIA
<ul style="list-style-type: none"> • Escala mínima de operação reduzida 	<ul style="list-style-type: none"> • Atendimento a demandas específicas • Ação em mercados locais 	<ul style="list-style-type: none"> • Internacionalização
<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo de capital 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita a expansão pela realização de projetos <i>greenfield</i> • Facilita a internacionalização 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das barreiras de entrada à indústria
<ul style="list-style-type: none"> • Possui substitutos ao insumo 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade no uso de MP 	<ul style="list-style-type: none"> • Estímulo ao crescimento da redução direta
<ul style="list-style-type: none"> • Usinas compactas 	<ul style="list-style-type: none"> • Localização estratégica, próxima a mercados consumidores e/ou fornecedores • Reestruturação logística 	<ul style="list-style-type: none"> • Nova organização empresarial, com produção descentralizada
<ul style="list-style-type: none"> • Modernas práticas gerenciais • Maior produtividade 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência operacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Acelerou mudanças nas tradicionais integradas
<ul style="list-style-type: none"> • Menor agressão ambiental • Reciclam sucata 	<ul style="list-style-type: none"> • Atratividade reforçada pelas pressões ecológicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Amenizou socialmente a má imagem da siderurgia

Fonte: BNDES.

indústria siderúrgica e vêm também sofrendo alterações ao longo dos anos. Estão mudando seu *mix* de produção e, após dominarem os longos, já se constituem em uma ameaça concreta para os competidores integrados no mercado de planos. Na tentativa de aumentar o valor agregado de seus produtos e penetrar definitivamente nos planos, têm também mudado sua composição de insumos. Estão investindo crescentemente na obtenção de ferro primário e operando unidades que gerem DRI/HBI ou gusa líquido para aumentar a qualidade da carga de seus fornos e diminuir a dependência da sucata, cujos preços cresceram nos últimos anos.

A rota integrada a BF/BOF é ainda preponderante, mas tem sua permanência enfraquecida pela forte competitividade das *mini-mills*. Contudo, é importante lembrar que esse aspecto é suavizado pelo fato de as altas capacidades das unidades integradas já estarem instaladas, tornando-as praticamente isentas do custo de capital (salvo em unidades em péssimo estado, com necessidade de grandes investimentos de reforma). Há ainda a possibilidade de que essas empresas também aumentem a produção com a instalação de fornos elétricos, utilizando parcialmente gusa líquido na carga.

Na verdade, em termos tecnológicos, a comparação direta entre as duas rotas demonstra que elas não são incompatíveis. As diferenças estão cada vez mais se reduzindo pelo uso de tecnologias e práticas comuns. Atualmente, utiliza-se material líquido em forno elétrico, e processos que eram praticamente exclusivos das *mini-mills* estão migrando para as integradas. Foi assim com o lingota-

mento contínuo e está começando a acontecer com os processos de TSC. Desse modo, o futuro aponta para vários caminhos, inclusive de plantas híbridas de alto-forno, fornos elétricos e fornos LD.

Mais uma vez, ressalta-se que a escolha da tecnologia siderúrgica mais adequada depende das vantagens apresentadas em cada região. De qualquer modo, entretanto, a indústria do aço permanecerá sendo marcada pela competição em custo e preço, e o sucesso financeiro será determinado pela habilidade de eliminar custos sem comprometer a satisfação dos clientes, independente da rota tecnológica aplicada. Nesse contexto, observa-se que o Brasil tende a manter sua produção preponderantemente dentro da rota integrada a BF/BOF, favorecida no país pelos seguintes fatores principais:

- abundante oferta, alta qualidade e baixo custo do minério de ferro;
- dificuldades na oferta de sucata, pela pouca organização da indústria de processamento e pelo baixo volume de coleta;
- alto custo da energia elétrica; e
- disponibilidade e custos favoráveis para a mão-de-obra.

Além disso, ressalte-se que a indústria brasileira de aço possui um perfil caracterizado pela produção de altos volumes para a exportação e pela forte concentração do consumo e da produção internos na região Sudeste. Dessa forma, e considerando as melhorias do setor de infra-estrutura no país, as tradicionais usinas integradas não enfrentam problemas logísticos para o atingimento do mercado doméstico e mantêm um nível de operação eficiente (com altos volumes, próximos à capacidade), escoando boa parte em função das vendas externas.

Em relação ao crescimento dos processos de redução direta no mundo, destaca-se a boa oportunidade para a indústria mineradora brasileira, que atualmente é a maior fornecedora de minério de ferro para as atuais tecnologias em funcionamento.² A agregação de valor desses produtos com a integração à produção de ferro-esponja no país seria um grande passo de desenvolvimento e proporcionaria significativos ganhos à indústria mineradora. Entretanto, a ainda incipiente oferta de gás natural e a inexistência de carvão de boa qualidade metalúrgica representam ainda entraves a esse desenvolvimento.

A indústria siderúrgica brasileira é tecnologicamente moderna e eficiente, tanto na preponderante rota BF/BOF (78%) como na EAF, e vem ampliando sua competitividade com um dos menores custos de produção do mundo. Em vista do exposto e das inúmeras alternativas que se apresentam para o país, é inquestionável a sua potencialidade para galgar uma posição mais destacada no cenário internacional da mineração de ferro e da indústria siderúrgica.

²Segundo os Informes Setoriais referidos na nota anterior.